



Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Jurnal Dampak

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Analisis Konsentrasi PM_{2,5}, CO dan CO₂ di Dalam Ruangan Akibat Penggunaan Kompor Biomassa Berbahan Bakar Briket Tempurung Kelapa dan Briket Kayu Bakar

Fadjar Goembira, Afifah Nazir, Amalia Husna, Taufiq Ihsan

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas

ARTICLE INFORMATION

Received: 4 October 2018

Revised: 20 January 2019

Available Online: 31 January 2019

KEYWORDS

Brikette
CO
CO₂
Biomass Stove
PM_{2,5}

KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: fgoembira@ft.unand.ac.id

A B S T R A C T

The objective of this study was to analyze the concentration of PM_{2.5}, CO and CO₂ indoor due to the use of biomass stoves and to calculate the value of combustion efficiency and fuel use efficiency in biomass stoves. The test was conducted by the water boiling test method to simulate the cooking process that was divided into 3 phases. The fuel used was coconut shell briquettes and firewood briquettes. Based on the test results the obtained concentration of PM_{2.5} from the the use of coconut shell briquette was 21.03 µg/Nm³ during the *cold start* phase, 23.66 µg/Nm³ in the *hot start* phase, and 15.57 µg/Nm³ in the *simmering* phase. As for Firewood briquette, it had lower PM_{2.5} concentrations, i.e., 17.17 µg/Nm³ in the *cold start* phase, 20.63 µg/Nm³ in the *hot start* phase, and 12.17 µg/Nm³ in the *simmering* phase. The results of CO concentration measurement in coconut shell briquette for the *cold start*, *hot start*, and *simmering* phases were 4.57; 4.32 and 5.27 ppm, respectively, and for firewood briquette were 3.92; 3.69 and 4.61 ppm, correspondingly. While for CO₂ concentration measurements, for coconut shell briquette at *cold start*, *hot start*, and *simmering* phases were 376.83; 364.56 and 443.11 ppm, respectively, and for firewood briquette were 397.4; 383.61 and 486.45 ppm, accordingly. The concentration of PM_{2.5}, CO and CO₂ did not exceed the indoor air quality standard regulated by the Minister of Health Regulation No. 1077 of 2011 which is 35 µg/Nm³ for PM_{2.5}, 9 ppm for CO and 1,000 ppm for CO₂. The ratio of the biomass stove CO / CO₂ briquette fuel was below the value of 0.02 which means that the combustion process occurred perfectly. The efficiency value of coconut shell briquette combustion was lower than that of firewood briquette combustion which is influenced by heating value, water temperature, the amount of fuel used and the length of the testing process, while the efficient use of fuel from using briquettes was better than biomass stoves made from unprocessed/raw biomass fuels.

PENDAHULUAN

Energi dari biomassa adalah salah satu bentuk energi alternatif yang dikembangkan karena dapat menggantikan energi dari fosil seperti batu bara, minyak bumi dan gas. Hal yang terpenting dari biomassa ini ialah memiliki sifat dapat diperbaharui atau terbarukan (renewable) (Rawung dan Ludong, 2014). Penggunaan biomassa sebagai sumber energi sudah lama dilakukan namun berpotensi memberikan kontribusi pada peningkatan emisi karbon ke atmosfer

sehingga menyebabkan pemanasan global (Mamuaja dan Hunta, 2012).

Alternatif lain yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar adalah briket. Briket adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengkonversi sumber energi biomassa ke bentuk biomassa lain dengan cara dimampatkan sehingga bentuknya menjadi lebih teratur. Briket yang terkenal adalah briket batubara namun tidak hanya batubara saja yang dapat diolah menjadi briket. Biomassa lain seperti tempurung kelapa, sekam, serbuk gergaji, serbuk kayu dan limbah-limbah

biomassa yang lainnya. Pembuatan briket tidak terlalu sulit, alat yang digunakan juga tidak terlalu rumit (Usman, 2014).

Pembakaran yang tidak sempurna ditambah dengan perpindahan panas yang tidak efisien mengakibatkan efisiensi termal yang rendah. Selain efisiensi energi yang rendah, pembakaran terbuka menimbulkan emisi polutan seperti CO, H₂S, NO_x, SO_x dan partikel debu. Gas-gas yang dihasilkan dari pembakaran selama kegiatan memasak tidak hanya mengotori ruangan tetapi juga atmosfer yang dapat memicu pemanasan global (Mac Carty et. al, 2008).

Penelitian mengenai pencemaran udara di dalam ruangan akibat kompor biomassa telah dilakukan sebelumnya oleh Oktafianto (2017) yang menguji tingkat pencemar PM_{2,5} di dalam ruangan menggunakan alat Low Volume Sampler (LVS) dan menghitung efisiensi penggunaan bahan bakar biomassa dengan metode Water Boiling Test (WBT) yang terdiri dari fase *cold start*, *hot start* dan fase *simmering*. Hasil pengukuran konsentrasi rata-rata PM_{2,5} dari kompor biomassa menggunakan tempurung kelapa dengan konversi 24 jam sebesar 295,19 µg/Nm³ untuk fase *cold start*, 371,53 µg/Nm³ untuk fase *hot start*, dan 55,98 µg/Nm³ untuk fase *simmering*, sedangkan untuk hasil penggunaan kayu bakar diperoleh konsentrasi sebesar 154,99 µg/Nm³ untuk fase *cold start*, 193,37 µg/Nm³ untuk fase *hot start* dan 54,51 µg/Nm³ untuk fase *simmering*. Nilai efisiensi laju konsumsi spesifik bahan bakar tempurung kelapa pada fase *cold start* sebesar 0,142 g/g, fase *hot start* sebesar 0,091 g/g, dan fase *simmering* sebesar 0,167 g/g sedangkan nilai efisiensi laju konsumsi spesifik kayu bakar pada fase *cold start* sebesar 0,084 g/g, fase *hot start* sebesar 0,061 g/g, dan fase *simmering* sebesar 0,241 g/g.

Penelitian terkait lainnya dilakukan oleh Hakim (2017), dengan menguji tingkat pencemar CO dan CO₂ di dalam ruangan pada kompor biomassa yang telah diciptakan oleh Sawir (2016). Berdasarkan hasil pengujian, konsentrasi CO kompor biomassa dengan bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar didapatkan konsentrasi yang melebihi baku mutu yaitu sebesar 9 ppm berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah. Sedangkan untuk konsentrasi CO₂ berdasarkan hasil pengujian dengan bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar didapatkan konsentrasi yang telah memenuhi baku mutu yaitu sebesar 1.000 ppm.

Berdasarkan penjelasan di atas perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai potensi tingkat pencemaran udara PM_{2,5}, CO dan CO₂ di dalam ruangan akibat penggunaan kompor biomassa dengan bahan bakar yang telah dikonversi menjadi briket. Serta mengetahui potensi efisiensi pembakaran dan efisiensi penggunaan bahan bakar dengan menggunakan kompor biomassa.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

Menganalisis konsentrasi PM_{2,5}, CO dan CO₂ akibat penggunaan kompor biomassa berbahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar di dalam ruangan;

- Menganalisis rasio CO/CO₂ pada kompor biomassa menggunakan bahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar;
- Menganalisis efisiensi pembakaran pada kompor biomassa dengan menggunakan bahan bakar briket;
- Menganalisis efisiensi penggunaan bahan bakar pada kompor biomassa dengan menggunakan bahan bakar briket;
- Menganalisis perbandingan antara bahan bakar biomassa yang belum dan yang telah diolah menjadi briket

METODOLOGI

Data sekunder yang dibutuhkan pada penelitian ini merupakan gambaran umum mengenai kompor biomassa dan jenis bahan bakar yang akan digunakan pada penelitian ini. Kompor biomassa yang akan digunakan adalah kompor biomassa yang diciptakan oleh Sawir dengan bahan bakar yang akan digunakan pada penelitian ini adalah briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar.



Gambar 1. Kompor Biomassa

Selain itu dalam dibutuhkan nilai kalor pada perhitungan nilai efisiensi pembakaran, dimana didapatkan nilai kalor pada bahan bakar briket tempurung kelapa sebesar 2.857,5 kal/g dan nilai kalor briket kayu bakar sebesar 6.788,8 kal/g. Kalor merupakan kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda (Santosa dkk, 2010). Pengujian nilai kalor menggunakan alat bomb kalorimeter seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bomb Kalorimeter

Pengambilan Data Primer

Pengambilan data dilakukan selama 1 jam sebelum penggunaan kompor biomassa sebagai data background dan selama waktu pengukuran efisiensi kompor biomassa untuk masing-masing perlakuan bahan bakar. Alat yang digunakan pada sampling PM_{2,5} yaitu Low Volume Air Sampler (LVS) yang menggunakan filter fiber glass dengan metode

gravimetri. Laju aliran udara untuk sampling $PM_{2,5}$ sebesar 3,5 L/menit.



Gambar 3. Low Volume Sampler (LVS)

Pengukuran CO dan (CO_2) dilakukan untuk pengambilan data primer. Pengujian CO dan CO_2 menggunakan alat Hygrometer Air Quality yang dapat dilihat pada Gambar 4. Hygrometer Air Quality memiliki rentang pengukuran karbon monoksida (CO) sebesar 0 – 500 ppm dan ketelitian ± 3 ppm dan memiliki rentang pengukuran 0 – 5.000 ppm dan ketelitian ± 50 ppm untuk CO_2 . Alat Hygrometer Air Quality menggunakan prinsip electro-chemical sensor untuk mengukur karbon monoksida dan prinsip non-diversive infrared sensor untuk mengukur CO_2 .



Gambar 4. Hygrometer Air Quality

Prosedur kerja alat untuk pengukuran CO dan CO_2 sebagai berikut

1) Persiapan Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

- Bahan bakar briket;
- Air dengan temperatur ruang;
- Panci aluminium;
- Kompot biomassa;
- Timbangan digital dengan ketelitian 1 gram;
- Termokopel tipe K;
- Hygrometer Air Quality;
- Low Volume Air Sampler (LVS).

2) Prosedur Pengujian

Pengujian kompor biomassa dilakukan menggunakan metode water boiling test (WBT). WBT merupakan simulasi dari proses memasak yang dimaksudkan untuk membantu memahami seberapa energi dapat ditransfer dari bahan bakar ke panci masak (Febria dan Goembira, 2016). Waktu pengukuran pada fase *cold start* dan *hot start* yaitu selama pemanasan air hingga mencapai titik didih, sedangkan untuk

fase *simmering* dilakukan selama 45 menit. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan yang bertujuan sebagai validasi data.

Prosedur kerja alat LVS untuk $PM_{2,5}$ sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

- Filter yang akan digunakan disimpan di dalam desikator selama 24 jam;
- Filter kosong ditimbang hingga didapatkan berat konstan kemudian berat filter dicatat;
- Filter tersebut diletakkan ke dalam file box yang berisi silica gel setelah diberi label.

2. Tahap Pengambilan Sampel

- Filter dimasukkan ke filter holder, lalu LVS dihubungkan dengan pompa penghisap udara dengan menggunakan selang silikon kemudian disambungkan dengan arus listrik;
- LVS diletakkan pada titik pengukuran (di lokasi sampling) dan setinggi 1 meter dari permukaan kompor menggunakan tripod;
- Pompa penghisap udara dihidupkan dan lakukan sampling dengan kecepatan laju aliran udara (flow rate) 3,5 l/menit untuk parameter $PM_{2,5}$. Lama pengambilan sampel dilakukan selama pengukuran efisiensi bahan bakar dilaksanakan;
- Filter dikeluarkan dari filter holder dengan menggunakan pinset dan dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam;
- Ulangi pengambilan sampel sebanyak 3 kali, hal ini bertujuan untuk validasi data.

3. Tahap Penimbangan

- Filter yang telah didiamkan selama 24 jam di dalam desikator ditimbang dengan menggunakan neraca analitik hingga didapatkan berat yang stabil;
- Catat hasil penimbangan berat filter pada form.

Prosedur pengujian konsentrasi CO dan CO_2 adalah sebagai berikut:

- Persiapkan stopwatch untuk pengukuran waktu, tunggu sampai dimulai penyalaan kompor;
- Atur perletakan tungku;
- Masukkan bahan bakar ke dalam tungku sampai 2/3 tinggi ruang pembakaran;
- Letakkan panci berisi air di atas tungku;
- Nyalakan api, hidupkan stopwatch. Catat waktu ketika api mulai hidup;
- Hidupkan alat Hygrometer Air Quality;
- Amati dan catat angka konsentrasi CO dalam ppm yang ditunjukkan pada Hygrometer Air Quality dalam satuan ppm setiap 1 menit pengukuran;
- Amati dan catat angka konsentrasi CO_2 dalam ppm yang ditunjukkan pada Hygrometer Air Quality dalam satuan ppm setiap 1 menit pengukuran;
- Catat waktu ketika air mulai mendidih setiap menit sampai temperatur air mencapai titik didih. Hentikan pengujian. Titik didih tidak harus 100 OC, tetapi mengikuti formula sebagai berikut;

$$t_D = \left(100 - \frac{h}{300} \right) \quad (1)$$

Keterangan:

tD = titik didih (0C)

h = ketinggian lokasi dari permukaan laut (meter);

- j. Fase *simmering* dilakukan pengujian selama 45 menit dengan mempertahankan titik didih air;
- k. Matikan kompor dengan memasukan pasir ke dalam ruang pembakaran, kemudian pisahkan abu yang terbakar dengan bahan bakar yang belum terbakar;
- l. Matikan Alat Hygrometer Air Quality.

Pengukuran Efisiensi Bahan Bakar Briket

Efisiensi pembakaran merupakan perbandingan antara jumlah total energi untuk memanaskan air (kal) dengan nilai kalor dari berat briket yang digunakan (kal). Efisiensi briket dipengaruhi oleh jumlah energi, nilai kalor dan temperatur (Santosa dkk, 2010).

Perhitungan

$$\text{Efisiensi bahan bakar} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Output} = Q = m \times C \times \Delta T \quad (3)$$

$$\text{Input} = \text{massa briket} \times \text{nilai kalor} \quad (4)$$

Dimana:

Q = Nilai kalor (kal/g)

m = Massa air rata-rata (g)

C = Panas jenis air (1 kal/g.°C)

ΔT = Perbedaan suhu rata-rata (°C)

Selanjutnya pengukuran efisiensi penggunaan bahan bakar yang dilakukan adalah perhitungan laju konsumsi spesifik bahan bakar terhadap kompor biomassa berbahan bakar briket.

Perhitungan laju konsumsi spesifik bahan bakar:

$$SC = \frac{f_{cd}}{P_{cf} - P} \quad (5)$$

Keterangan:

SC = konsumsi spesifik bahan bakar (g);

fcd = konsumsi rata-rata bahan bakar kering (g);

Pcf = massa panci berisi air setelah pengujian (g).

P = massa panci kosong (g)

Analisis Data Konsentrasi PM_{2,5}, CO dan CO₂

Setelah dilakukan pengukuran PM_{2,5}, CO dan CO₂ data konsentrasi dianalisis sehingga diperoleh gambaran konsentrasi PM_{2,5}, CO dan CO₂ dari penggunaan kompor biomassa.

Perhitungan konsentrasi PM_{2,5}

$$C = \frac{(W_s - W_o) \times 10^6}{V_{stp}} \quad (6)$$

Keterangan:

C = konsentrasi partikel tersuspensi (µg/N.m³)

W_s = berat filter fiber glass setelah sampling (g)

W_o = berat filter fiber glass sebelum sampling (g)

106 = konversi dari g menjadi µg

Kemudian konsentrasi yang diperoleh tersebut dikonversi ke persamaan model konversi Canter untuk mendapatkan konsentrasi yang setara dengan konsentrasi gas emisi di udara dengan waktu pencuplikan atau pengukuran selama 8

jam. Berikut adalah persamaan konversi Canter untuk CO dan CO₂ (Fildzah, 2014):

$$C_{8jam} = C_{sampling} \times \left[\frac{n}{8} \right]^P \quad (7)$$

Keterangan:

C_{8jam} = Konsentrasi 8 jam gas (ppm)

C = Konsentrasi gas rata-rata yang terukur saat sampling n jam (ppm)

n = Lama waktu sampling (jam)

P = Konversi Canter (0,17-0,2) → 0,185 (Kamal, 2015)

Konsentrasi CO dan CO₂ 8 jam dibandingkan dengan baku mutu udara dalam rumah menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah. Konsentrasi CO dan CO₂ akan dianalisis dengan membuat rasio CO/CO₂ sebagai acuan untuk efisiensi pembakaran kompor. Rasio CO / CO₂ harus kurang dari 0,02 (Kirumbi dan Ondu, 2016) Tahapan yang dilalui dalam penelitian, pembangunan konsep, atau penyelesaian kasus, dituliskan pada bagian metodologi.

$$\%R = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad (8)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Pengukuran PM_{2,5}, CO dan CO₂

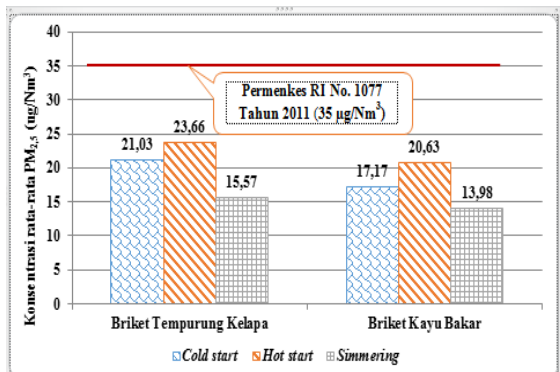
Konsentrasi Sebelum Pengujian (Background)

Pengujian background dilakukan selama 1 jam untuk mendapatkan konsentrasi dari ruangan uji kompor biomassa sebelum dilakukannya penelitian. Konsentrasi PM_{2,5} background yang didapatkan sebesar 7,70 µg/Nm³, konsentrasi CO yang didapatkan sebesar 0 ppm, dan pada pengujian konsentrasi CO₂ sebesar 514,29 ppm.

Konsentrasi Selama Pengujian

a) Konsentrasi PM_{2,5}

Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} dengan konversi 24 jam dari penggunaan briket tempurung kelapa yaitu sebesar 21,03 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 23,66 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 15,57 µg/Nm³ pada fase *simmering* sedangkan konsentrasi PM_{2,5} menggunakan bahan bakar briket kayu bakar dengan konversi 24 jam sebesar 17,17 µg/Nm³ untuk fase *cold start*, 20,63 µg/Nm³ untuk fase *hot start*, dan 12,17 µg/Nm³ untuk fase *simmering*.



Gambar 5. Konsentrasi PM_{2,5} Rata-rata Setiap Fase Bahan Bakar Briquet

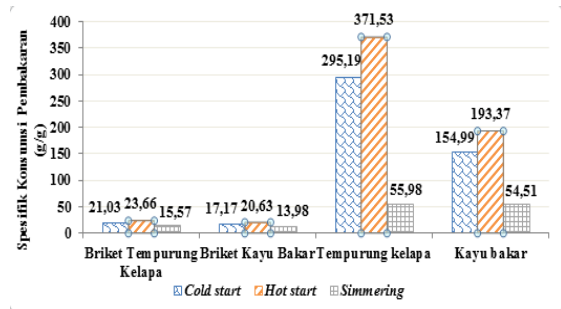
Konsentrasi dari pembakaran briquet tempurung kelapa tidak terlalu tinggi, hal ini disebabkan karena asap yang dihasilkan dari pembakaran briquet tempurung kelapa sangat sedikit, sehingga partikel yang diemisikan selama pengukuran tidak banyak, sedangkan konsentrasi PM_{2,5} pada briquet kayu bakar yang rendah disebabkan karena selama pengujian tidak terdapat asap. Briquet kayu bakar yang diujikan memiliki kualitas yang baik dengan kadar air yang rendah dan tidak kedap air, sehingga selama proses pembakaran tidak menghasilkan asap. Kondisi udara saat pengujian briquet kayu bakar terlihat lebih bersih daripada saat pengujian briquet tempurung kelapa, sehingga pencemar PM_{2,5} yang terukur pada LVS saat pembakaran briquet kayu bakar lebih sedikit. Secara keseluruhan konsentrasi rata-rata PM_{2,5} pada pengujian kompor biomassa masing-masing bahan bakar masih memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan di dalam Permenkes RI No. 1077 Tahun 2011 sebesar 35 µg/Nm³.

Selain itu kualitas briquet juga mempengaruhi emisi yang dihasilkan. Briquet kayu bakar yang diujikan dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik karena memiliki permukaan yang halus dan rata, tidak meninggalkan bekas hitam di tangan bila digenggam, tidak mengeluarkan asap bila dibakar, memiliki sifat kedap air, dan tidak mengeluarkan bau. Berbeda dengan briquet tempurung kelapa, apabila digenggam meninggalkan bekas hitam, mengeluarkan sedikit asap, dan jika direndam ke dalam air berat briquet langsung bertambah yang menunjukkan bahwa briquet tempurung kelapa tidak kedap air.

Adapun faktor lain yang mempengaruhi hasil pengujian PM_{2,5} yaitu kondisi ruangan yang memiliki sedikit ventilasi, sehingga asap dari pembakaran kompor terakumulasi di udara dalam ruangan. Upaya penyehatan yang dapat dilakukan menurut Permenkes RI No. 1077 Tahun 2011 dalam pengendalian PM_{2,5} adalah dengan memasang alat penangkap debu pada ventilasi dapur dapat mengurangi polusi yang muncul dari penggunaan kompor. Selain itu, ventilasi memiliki bukaan sekurang-kurangnya 40% dari luas lantai dengan sistem silang.

Selain itu, dilakukan perbandingan antara konsentrasi PM_{2,5} dari bahan bakar briquet dengan bahan bakar yang belum diolah yang menggunakan data dari penelitian Oktafianto (2017). Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} yang terukur dari

pembakaran briquet dengan bahan bakar yang belum diolah memiliki perbandingan yang sangat signifikan.

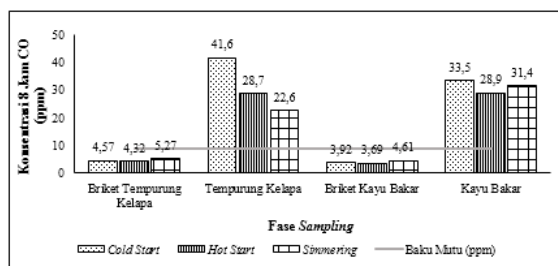


Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi PM_{2,5} Bahan Bakar Briquet dengan Bahan Bakar Biomassa yang Belum Diolah

Konsentrasi rata-rata PM_{2,5} yang dihasilkan dari pembakaran briquet tempurung kelapa memiliki nilai 21,03 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 23,66 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 15,57 µg/Nm³ pada fase *simmering*, sedangkan pada penelitian Oktafianto (2017) menggunakan tempurung kelapa didapatkan konsentrasi rata-rata yang lebih besar dengan nilai 295,19 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 371,53 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 54,51 µg/Nm³ pada fase *simmering*. Briquet kayu bakar dengan kayu bakar memiliki perbandingan yang juga signifikan dengan nilai konsentrasi rata-rata untuk briquet kayu bakar yaitu 17,17 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 20,63 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 12,17 µg/Nm³ pada fase *simmering*, sedangkan konsentrasi rata-rata yang diperoleh saat pembakaran kayu bakar yaitu 154,99 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 193,37 µg/Nm³ pada fase *hot start*, dan 54,51 µg/Nm³ pada fase *simmering*.

b) Konsentrasi CO

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa konsentrasi CO dengan bahan bakar briquet tidak melebihi baku mutu yang telah ditetapkan untuk ketiga fase pengujian dan masing-masing bahan bakar briquet. Sedangkan hasil penelitian Hakim (2017) mengenai uji kompor biomassa dengan bahan bakar biomassa tempurung kelapa dan kayu bakar menunjukkan bahwa konsentrasi emisi CO berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan. Hal ini membuktikan bahwa pengolahan biomassa menjadi briquet efektif menurunkan konsentrasi emisi CO pada proses pembakaran. Bahan bakar briquet telah mengalami proses karbonisasi atau pengurangan terlebih dahulu yang menyebabkan kadar karbon pada briquet meningkat. Kadar karbon terikat yang tinggi akan menyebabkan tingginya nilai kalor (Hendra, 2007). Sehingga pembakaran pada bahan briquet lebih baik daripada bahan bakar yang tidak diolah menjadi briquet. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sulistyanto (2006) bahwa semakin besar persentase biomassa pada briquet maka kandungan emisi polutan CO semakin berkurang.



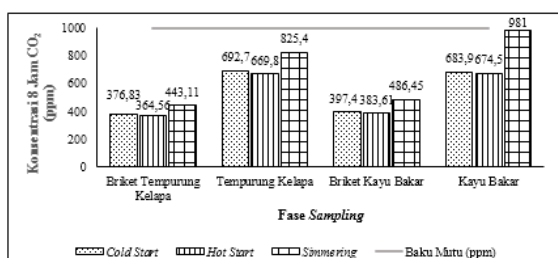
Gambar 7. Perbandingan Konsentrasi CO dengan Baku Mutu Udara dalam Ruang pada Setiap Fase

Dari hasil pengukuran CO dan perbandingan dengan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 1077 Tahun 2011 untuk ketiga fase didapatkan bahwa penggunaan kompor biomassa dengan bahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar telah memenuhi persyaratan baku mutu yang berlaku. Sesuai dengan hasil uji penelitian yang dilakukan oleh Qistina dkk (2016) yang menyatakan gas emisi dari pembakaran pada briket masih di bawah baku mutu yang dipersyaratkan.

Apabila konsentrasi CO memenuhi baku mutu dapat mengakibatkan turunnya berat janin dan meningkatkan jumlah kematian bayi serta kerusakan otak. Selain itu gas CO dapat mengikat hemoglobin darah mengganti posisi oksigen (COHb) bila terhisap masuk ke paru-paru, mengakibatkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu karena ikatan gas CO dengan hemoglobin darah lebih kuat 140 kali dibandingkan dengan oksigen. Keadaan ini menyebabkan darah menjadi lebih mudah menangkap gas CO dan menyebabkan fungsi vital darah sebagai pengangkut oksigen terganggu. Keracunan gas CO dapat ditandai dari keadaan yang ringan berupa pusing, sakit kepala dan mual. Keadaan yang lebih berat seperti menurunnya kemampuan gerak tubuh, gangguan pada sistem kardiovaskuler, serangan jantung hingga pada kematian (Sugianti, 2009).

c) Konsentrasi CO₂

Perbandingan konsentrasi CO₂ kompor biomassa dengan baku mutu udara dalam ruang untuk fase *cold start* dapat dilihat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Perbandingan Konsentrasi CO₂ dengan Baku Mutu Udara dalam Ruang pada Setiap Fase

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat konsentrasi CO₂ setelah dibandingkan dengan baku mutu udara di dalam ruang untuk parameter CO₂, masing-masing pengujian pada bahan briket telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Begitu pula hasil pengujian yang dilakukan oleh Hakim (2017)

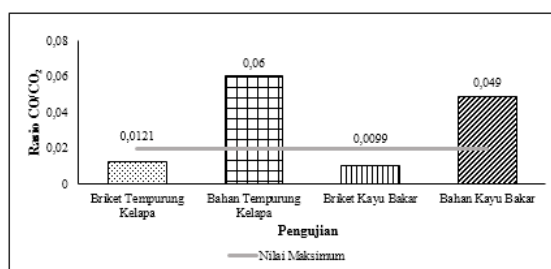
dengan konsentrasi emisi CO₂ pada bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar juga telah memenuhi baku mutu untuk setiap fasenya.

Rasio CO/CO₂

Rasio CO/CO₂ digunakan sebagai metode untuk menentukan tingkat pembakaran pada ruang pembakaran kompor. Kompor yang memiliki nilai rasio CO/CO₂ yang baik tidak mengeluarkan karbon yang terbakar dengan tidak sempurna yang berlebihan. Rasio CO/CO₂ digunakan sebagai acuan untuk efisiensi pembakaran kompor dengan syarat rasio CO/CO₂ harus kurang dari 0,02 (Kirumbi dan Ondu, 2016).

Rasio CO/CO₂ Fase *Cold start*

Rasio CO/CO₂ pada pengujian fase *cold start* dapat dilihat pada Gambar 9.

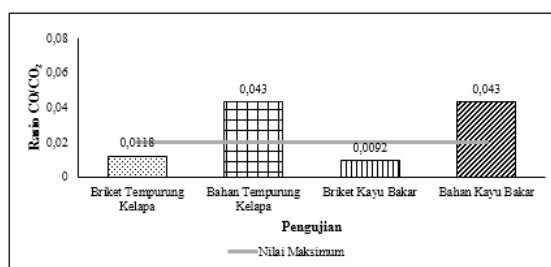


Gambar 9. Perbandingan Rasio CO/CO₂ untuk Fase *Cold start*

Berdasarkan hasil perhitungan rasio CO/CO₂ untuk fase *cold start* menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran kompor biomassa dengan bahan bakar briket di bawah nilai 0,02 yaitu dengan nilai 0,0121 untuk briket tempurung kelapa dan 0,0099 untuk briket kayu bakar. Sedangkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hakim (2017) dengan menggunakan bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar menghasilkan nilai rasio yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,06 dan 0,049 untuk masing-masingnya.

Rasio CO/CO₂ Fase *Hot start*

Rasio CO/CO₂ Pada pengujian fase *hot start* dapat dilihat pada Gambar 10.



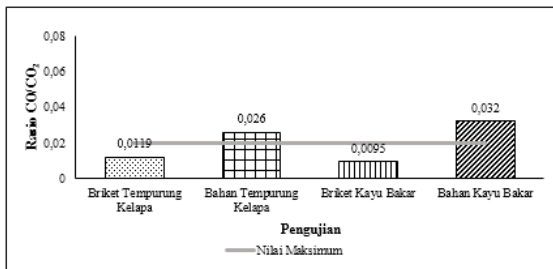
Gambar 10. Perbandingan Rasio CO/CO₂ untuk Fase *Hot start*

Berdasarkan hasil perhitungan rasio CO/CO₂ untuk fase *hot start* menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran kompor biomassa dengan bahan bakar briket di bawah nilai 0,02 yaitu dengan nilai 0,0118 untuk briket tempurung kelapa dan 0,0092 untuk briket kayu bakar. Sedangkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hakim (2017) dengan menggunakan bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar

menghasilkan nilai rasio yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0430.

Rasio CO/ CO₂ Fase *Simmering*

Rasio CO/CO₂ Pada pengujian fase *simmering* dapat dilihat pada Gambar 11.

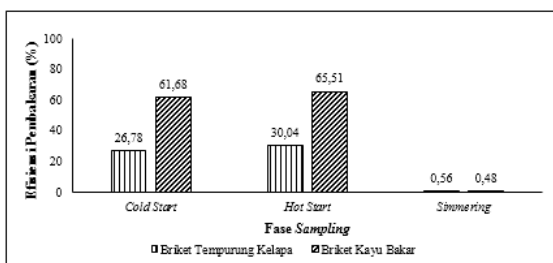


Gambar 11. Perbandingan Rasio CO/ CO₂ untuk Fase *Simmering*

Berdasarkan hasil perhitungan rasio CO/CO₂ untuk fase *simmering* menunjukkan bahwa efisiensi pembakaran kompor biomassa dengan bahan bakar briket di bawah nilai 0,02 yaitu dengan nilai 0,0119 untuk briket tempurung kelapa dan 0,0095 untuk briket kayu bakar. Sedangkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hakim (2017) dengan menggunakan bahan bakar tempurung kelapa dan kayu bakar menghasilkan nilai rasio yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0260 dan 0,0320 untuk masing-masingnya.

Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar

Efisiensi merupakan perbandingan antara jumlah total energi untuk memanaskan air (kal) dengan nilai kalor dari berat briket yang digunakan (kal). Efisiensi pembakaran dipengaruhi oleh jumlah energi, nilai kalor dan temperatur (Santosa dkk, 2010). Berdasarkan hasil pengujian, nilai kalor yang dimiliki oleh briket kayu bakar sebesar 6.788,8 kal/g sedangkan nilai kalor briket tempurung kelapa sebesar 2.857,7 kal/g. Bahan baku yang memiliki nilai kalor yang tinggi akan menghasilkan bakar briket arang yang kadar karbon terikatnya tinggi pula (Hendra, 2007). Menurut Winarni (2003) semakin tinggi kadar karbon terikat akan semakin tinggi pula nilai kalornya, karena setiap ada reaksi oksidasi akan menghasilkan kalori. Efisiensi bahan bakar briket tempurung kelapa dan briket kayu bakar pada tiap fase dapat dilihat pada Gambar 12. berikut.



Gambar 12 Efisiensi Pembakaran Bahan Bakar Briket

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi pembakaran diketahui bahwa nilai efisiensi tertinggi terjadi pada bahan bakar briket kayu bakar yaitu sebesar 61,68 % pada fase *cold*

start dan 65,51 % pada fase *hot start* sedangkan pada bahan bakar briket tempurung kelapa didapatkan efisiensi sebesar 26,78 % pada fase *cold start* dan 30,04 % pada fase *hot start*. Perbedaan nilai efisiensi pada kedua bahan bakar ini disebabkan karena waktu pengujian pada bahan bakar briket kayu bakar yang lebih singkat untuk mendidihkan air. Hal ini disebabkan karena nilai kalor yang terkandung pada briket kayu bakar lebih tinggi dibandingkan briket tempurung kelapa. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Jalal (2013) bahwa semakin besar nilai kalor briket, maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan satu liter air.

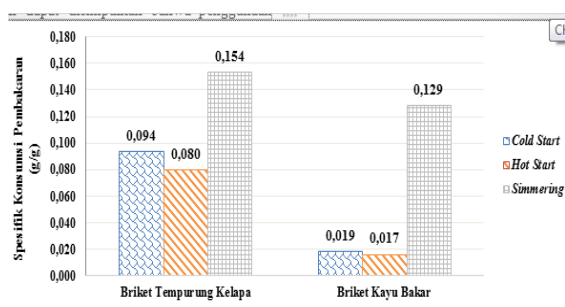
Sedangkan nilai efisiensi jauh lebih kecil pada fase *simmering* disebabkan karena pengujian dilakukan dengan waktu yang lebih lama yaitu 45 menit sehingga bahan bakar yang digunakan untuk mempertahankan titik didih tersebut lebih besar. Selain itu dengan mempertahankan suhu air mendidih maka rentang suhu awal pengujian dan akhir tidak besar, hal ini juga mempengaruhi pada perhitungan nilai efisiensi pembakaran bahan bakar.

Briket merupakan bahan bakar yang mengalami proses pengarangkan terlebih dahulu. Proses pengarangkan akan mempengaruhi kualitas briket, yaitu nilai kalornya yang akan mempengaruhi nilai efisiensi pembakaran. Dimana semakin baik proses pengarangkan maka semakin baik nilai kalor yang dimiliki briket sehingga akan menghasilkan bahan bakar yang optimum (Rayadeyaka, 2008). Nilai kalor yang tinggi akan membuat pembakaran menjadi lebih efisien dan dapat menghemat kebutuhan briket yang digunakan (Jamilatun, 2008).

Efisiensi Penggunaan Bahan Bakar

Laju spesifik konsumsi bahan bakar menggunakan briket kayu bakar diperoleh nilai sebesar 0,019 g/g pada fase *cold start*, nilai ini lebih rendah dari nilai laju spesifik briket tempurung kelapa yaitu 0,094 g/g. Kemudian pada fase *hot start* nilai laju spesifik briket kayu bakar lebih rendah daripada menggunakan briket tempurung kelapa dengan nilai berturut-turut sebesar 0,017 g/g dan 0,080 g/g. Begitupun untuk fase *simmering* menggunakan briket kayu bakar memiliki nilai laju spesifik yang lebih rendah daripada menggunakan briket tempurung kelapa dengan nilai sebesar 0,129 g/g dan 0,154 g/g. Bahan bakar dengan nilai laju konsumsi yang rendah lebih baik karena dapat menghemat penggunaan bahan bakar.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan kompor biomassa menggunakan briket kayu bakar lebih hemat daripada menggunakan briket. Seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan Briket Tempurung Kelapa dengan Briket Kayu Bakar

KESIMPULAN

PM_{2,5} yang dihasilkan dari pembakaran briket kayu bakar lebih rendah daripada briket tempurung kelapa dengan nilai sebesar 17,17 µg/Nm³ pada fase *cold start*, 20,63 µg/Nm³ pada fase *hot start*, 12,17 µg/Nm³ pada fase *simmering* dan setelah dibandingkan dengan baku mutu yang terdapat pada Permenkes RI No. 1077 Tahun 2011 dengan nilai sebesar 35 µg/Nm³, kedua jenis bahan bakar yang diujikan masih berada dibawah baku mutu;

Hasil pengukuran CO dan perbandingan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077 Tahun 2011 didapatkan bahwa penggunaan kompor biomassa dengan bahan bakar briket telah memenuhi persyaratan baku mutu yang berlaku. Konsentrasi pada briket tempurung kelapa untuk fase *cold start* sebesar 4,57 ppm dan pada briket kayu bakar sebesar 3,92 ppm, untuk briket tempurung kelapa pada fase *hot start* sebesar 4,32 ppm dan pada briket kayu bakar sebesar 3,69 ppm dan pada briket tempurung kelapa untuk fase *simmering* sebesar 5,27 ppm dan briket kayu bakar sebesar 4,61 ppm;

Hasil pengukuran CO₂ dan perbandingan dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077 Tahun 2011 didapatkan bahwa penggunaan kompor biomassa dengan bahan bakar briket telah memenuhi persyaratan baku mutu yang berlaku. Konsentrasi pada briket tempurung kelapa untuk fase *cold start* sebesar 376,83 ppm dan pada briket kayu bakar sebesar 397,4 ppm, untuk briket tempurung kelapa pada fase *hot start* sebesar 364,56 ppm dan pada briket kayu bakar sebesar 383,61 ppm dan pada briket tempurung kelapa untuk fase *simmering* sebesar 443,11 ppm dan briket kayu bakar sebesar 486,45 ppm;

Hasil perhitungan rasio CO/ CO₂ kompor biomassa dengan bahan bakar briket telah di bawah nilai maksimal yaitu 0,02, dengan hasil yang didapatkan untuk fase *cold start* rasio pada briket tempurung kelapa sebesar 0,0121 dan pada briket kayu bakar sebesar 0,0099, lalu untuk fase *hot start* rasio pada briket tempurung kelapa sebesar 0,0118 dan pada briket kayu bakar sebesar 0,0092, dan untuk fase *simmering* rasio pada briket tempurung kelapa sebesar 0,0119 dan pada briket kayu bakar sebesar 0,0095. Hal ini menunjukkan bahwa pembakaran yang dilakukan dengan bahan bakar briket telah sempurna dengan konsentrasi CO yang lebih kecil dibandingkan konsentrasi CO₂;

Hasil perhitungan efisiensi penggunaan bahan bakar briket tempurung kelapa pada fase *cold* sebesar 26,78%, fase *hot* sebesar 30,04% dan fase *simmering* sebesar 0,52% dan efisiensi penggunaan bahan bakar briket kayu bakar pada fase *cold* sebesar 61,68%, fase *hot* sebesar 65,51% dan fase *simmering* sebesar 0,48%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai efisiensi tertinggi pada kedua briket adalah pada fase *hot start* sedangkan nilai efisiensi terendah pada kedua briket pada fase *simmering*;

Penggunaan briket kayu bakar lebih hemat daripada briket tempurung kelapa karena briket kayu bakar memiliki nilai laju konsumsi spesifik yang lebih rendah dengan nilai sebesar 0,019 g/g pada fase *cold start*, 0,017 g/g pada fase *hot start*, 0,129 g/g pada fase *simmering*;

Briket yang merupakan biomassa yang telah diolah menghasilkan emisi dengan konsentrasi yang lebih rendah daripada biomassa yang belum diolah dan penggunaan bahan bakar briket lebih efisien daripada biomassa yang belum diolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Febria, F. A. dan Goembira, F. 2016. Kajian Kelayakan Teknis dan Lingkungan Terhadap Pengoperasian Kompor Biomassa. Padang: Universitas.
- Fildzah, A. Q. 2014. Metode Gravimetri dalam Alat High Volume Air Sampler (HVAS) sebagai Cara Kuantitatif Mengukur Kualitas Debu dalam Ruangan. Fakultas MIPA. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Hakim, K. 2017. Analisis Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO₂) dalam Ruangan serta Perkiraan Risiko Terhadap Kesehatan Akibat Penggunaan Kompor Biomassa. Padang: Universitas Andalas.
- Hendra, D. 2007. Pembuatan Briket Arang dari Campuran Kayu, Bambu, Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif. Fakultas Teknologi Pertanian IPB: Bogor.
- Jalal, S. 2013. Perbandingan Karakteristik antara Briket-briket Berbahan Dasar Sekam Padi sebagai Energi Terbarukan. Skripsi. Jurusan Fisika. Universitas Jember.
- Jamilatun, S. 2008. Sifat-sifat Penyalaan dan Pembakaran Briket Biomassa, Briket Batubara dan Arang Kayu. Jurnal Rekayasa Proses Vol. 2, No. 2.
- Kamal, N.M. 2015. Studi Tingkat Kualitas Udara pada Kawasan Mall Panakukang Di Makassar. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Kirumbi, M.R., Ondu, C.K.K. 2016. Comparative Analysis of Indoor Air Pollutants Emitted by the Advanced Stove Relative to the Conventional Bioethanol Gel Stoves. International Journal of Advanced Engineering Research and Technology (IJAERT). Vol 4: ISSN Nomor 2348 – 8190.
- Mac Carty, N., Ogle, D., Still, D., Bond, T dan Roden, C. (2008). A Laboratory Comparison of the Global Warming

- Impact of Five Major Types of Biomass Cooking Stoves. Energy for Sustainable Development XII: 5-14.
- Mamuaja, C.F., Hunta, L.Y.2012. Pemanfaatan Biomassa Kering (Kayu) sebagai Bahan Bakar untuk Menguji Kerja Prototype Kompor Biomassa. Jurnal Buana Sains Vol 12 No 1: 75-82.
- Oktafianto, F. 2017. Analisis Konsentrasi Particulate Matter 2,5 (Pm_{2,5}) Di Dalam Ruangan Serta Perkiraan Risiko Terhadap Kesehatan Akibat Penggunaan Kompor Biomassa. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077 Tahun 2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah.
- Qistina, I.,Dede, S., Trilaksono. 2016. Kajian Kualitas Briket Biomassa dari Sekam Padi dan Tempurung Kelapa. Banten.
- Rawung,M., Ludong, P. M.. 2014. Kompor Biomassa Menggunakan Bahan Bakar Kayu Cengkeh (*Syzygium Aromaticum*) Sebagai Sumber Energi. Manado.
- Rayadedyak R.R. 2008. Optimasi Kadar Perekat pada Briket Limbah Biomassa. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Santosa.,Mislaini, R., Swara, P.A. 2010. Studi Variasi Komposisi Bahan Penyusun Briket dari Kotoran Sapi dan Limbah Pertanian. Skripsi. Padang: Universitas Andalas.
- Sawir, H. 2016. Kompor Biomassa (Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Menjadi Energi). Formulir Aplikasi Penghargaan Inovasi K3 dan Lingkungan Hidup PT Semen Padang. Padang.
- Sugiarti. 2009. Gas Pencemar Udara dan Pengaruhnya bagi Kesehatan Manusia. Jurnal Chemica Vol. 10 Nomor 50-58. Universitas Negeri Makassar.
- Sulistyanto, A. 2006. Karakteristik Pembakaran Biobriket Campuran Batubara dan Sabut Kelapa. Media Mesin. 7(2): 77-84.
- Usman, E. 2014. Karakterisasi Briket Campuran Arang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Gergaji Sebagai Bahan Bakar Alternatif Ramah Lingkungan. Skripsi. Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- Winarni, I. 2003. Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Campuran Limbah Kayu Gergajian dan Sebetan Kayu. Jurnal Penelitian Hasil Hutan.